

**MEJORA DE LA ESTABILIDAD EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
DISTRIBUCIÓN MEDIANTE EL USO DE AUTOS ELÉCTRICOS COMO
FUENTES DE INYECCIÓN DE ENERGÍA**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:
MEJORA DE LA ESTABILIDAD EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
DISTRIBUCIÓN MEDIANTE EL USO DE AUTOS ELÉCTRICOS COMO
FUENTES DE INYECCIÓN DE ENERGÍA**

**AUTOR:
ESPÍN LOGROÑO ANDRÉS ADEMAR**

**DIRECTOR:
MONTALVO GALÁRRAGA IVÁN PATRICIO**

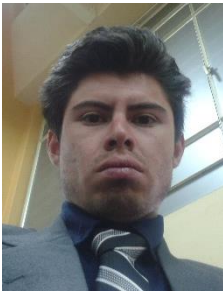
Quito, Febrero 2018

Andrés Ademar Espín Logroño

**MEJORA DE LA ESTABILIDAD EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE EL USO DE AUTOS
ELECTRICOS COMO FUENTES DE INYECCIÓN DE ENERGÍA**

Universidad Politécnica Salesiana
Ingeniería Eléctrica

Breve reseña historia e información de contacto:



Andrés Ademar Espín Logroño (Y'1988-JL'15). Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Técnico "San José", se graduó de Bachiller Técnico Industrial Especialidad Electricidad. Egresado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se basa en la Mejora de la Estabilidad en Sistemas Eléctricos de Distribución.
aespini@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Ivan Patricio Montalvo Galarraga (Y'1987-AB'04). Se graduó de Ingeniería eléctrica y electrónica en la Universidad San Francisco de Quito y de Master en Power Distribution en Newcastle University en 2016. Actualmente se encuentra trabajando como docente e investigador en la Universidad Politécnica Salesiana. Área de interés: sistemas de puesta a tierra, generación distribuida, localización y optimización de fallas, Smart grids.
imontalvo@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS
©2017 Universidad
Politécnica Salesiana
QUITO-ECUADOR

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A

Yo, Montalvo Galárraga Iván Patricio declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación “*MEJORA DE LA ESTABILIDAD EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE EL USO DE AUTOS ELÉCTRICOS COMO FUENTES DE INYECCIÓN DE ENERGÍA*” realizado por Espín Logroño Andrés Ademar, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, Febrero 2018



Montalvo Galárraga Iván Patricio

171648091-6

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, **Espín Logroño Andrés Ademar**, con documento de identificación N° 171897842-0, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor/es del trabajo de grado/titulación intitulado: **“MEJORA DE LA ESTABILIDAD EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE EL USO DE AUTOS ELÉCTRICOS COMO FUENTES DE INYECCIÓN DE ENERGÍA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO ELÉCTRICO, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Firma

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Andrés Espín', with a horizontal line extending to the right.

Espín Logroño Andrés Ademar

171897842-0

Febrero 2018

INDICE GENERAL

1. Introducción.....	2
2. Generación Distribuida en el Sistema de Distribución	4
2.1. V2G en la Generación Distribuida	5
3. Lógica Difusa	5
3.1. Desarrollo del Modelamiento Matemático Lógica Difusa en los V2G	5
3.2. Desarrollo del Modelamiento Matemático Lógica Difusa en el DS	8
4. Algoritmo de Optimización	10
5. Análisis de Resultados.....	10
5.1 Análisis de la Eficiencia de la Batería en los V2G.....	10
5.2 Análisis de la Estabilidad del Sistema de Distribución	11
6. Conclusiones	12
7. Referencia	12
7.1 Estado del Arte	16

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. EV's conectados al DS. (Usuario / Centro de Control)	3
Figura 2. Gráficas de consumo porcentual de los elementos eléctricos y electrónicos del EV.	6
Figura 3. Características de Carga de la Batería.....	7
Figura 4. Desplazamientos que realiza el EV.....	7
Figura 5. Características de Uso de la Batería	8
Figura 6. Estados de Generación Hidráulica.....	9
Figura 7. Estados de Generación Térmica.....	9
Figura 8. Estados del Nivel de Energía de las Baterías del V2G	10
Figura 9. Niveles de Demanda de Energía.....	10
Figura 10. Eficiencia en función de la Descarga vs Carga de la Batería del V2G.	11
Figura 11. Eficiencia en función de la Descarga de la Batería vs Recorrido	11
Figura 12. Estabilidad del DS en función de la Demanda vs la Generación Hidráulica	11
Figura 13. Estabilidad del Sistema de Distribución en función de la Generación Hidráulica y la Carga del V2G.....	12

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de estado del arte	21
Tabla 2. Resumen e Indicadores del estado del arte	21

MEJORA DE LA ESTABILIDAD EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE EL USO DE AUTOS ELÉCTRICOS COMO FUENTES DE INYECCIÓN DE ENERGÍA

Resumen

El presente documento tiene como finalidad la mejora de la estabilidad en Sistemas Eléctricos de Distribución (DS) mediante la utilización de Sistemas Coordinados de carga y descarga de las baterías de los Vehículos Eléctricos (EV) como fuentes de inyección de energía reemplazando a la energía producida por las Generadoras Térmicas, para satisfacer las necesidades de la demanda, maximizando la eficiencia y minimizando la utilización de recursos energéticos en horas consideradas picos. Esto se lo realiza mediante la aplicación de la Lógica Difusa (FL) definiendo los posibles estados de operación del DS, determinando un Escenario Optimo para: tiempos de carga de los EV, tiempos de uso de los EV, carga a Inyectarse al DS.

El estudio se respalda mediante la simulación matemática en el software MATLAB y su Fuzzy Toolbox permitiendo analizar y posteriormente optimizar la entrega de energía eléctrica al DS, sustentando los casos de estudio tratados en el presente documento, probando los resultados de estabilidad y factibilidad en el sistema.

Palabras Clave: Autos Eléctricos, Estabilidad, Inyección de Energía, Sistemas Eléctricos de Distribución, Lógica Difusa.

Abstract

The purpose of this document is to improve stability in Electrical Distribution Systems (DS) through the use of Electric Vehicle (EV) batteries charging and discharging systems as sources of energy injection that replace the energy produced by Thermal Generators, to satisfy the needs of the demand, maximizing the efficiency and minimizing the use of resources in peak hours. This is done through the application of the Fuzzy Logic (FL) that defines the possible states of the operation, determining an optimal scenario for: loading times of the EV, times of use of the EV and loading a DS of Injection.

The study is supported by mathematical simulation in the software MATLAB and its fuzzy toolbox, allowing to analyze and subsequently optimize the delivery of electrical energy to DS, supporting the case studies discussed in this paper, testing the results of stability and feasibility in the system.

Keywords: Electric Cars, Stability, Energy Injection, Electrical Distribution Systems, Fuzzy Logic.

1. Introducción

La fiabilidad de la fuente de alimentación no sólo depende de la estructura del DS, sino también de los demás elementos y partes que componen el Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), siendo que en el DS es donde se observan los cambios bruscos generados por la Demanda en base al aumento de la utilización de recursos energéticos y la creación de aparatos de energía inteligente. Los DS de energía están experimentando una transición de sus actuales redes pasivas a redes activas, lo que desafía a los operadores de DS en muchos aspectos de gestión de energía y control de sistemas. Los sistemas de alimentación de Corriente Alterna (CA) tienen que equilibrar continuamente la generación y el consumo para mantener una estabilidad en el sistema. Los desajustes entre la electricidad generada y consumida tienen que compensarse mediante servicios auxiliares, generalmente provistos por centrales eléctricas convencionales. Sin embargo, los recientes desarrollos en la distribución de energía y la automatización permitirán que algunos de esos servicios sean provistos por el DS conectado con los EV's. Para el efecto se propone una estrategia de control a corto plazo para los DS de energía activa con el propósito de estabilizar el sistema y satisfacer la Demanda de energía eléctrica. [1][2][3]

Con el uso a gran escala de los EV's, el impacto de la carga de las baterías en el DS va a incrementarse en el futuro, la estabilidad de tensión en la red con los EV's integrados es cada vez más preocupante por el impacto que pueda conllevar, debido a los problemas de

abastecimiento de energía como por los posibles cortes de energía.[4][5]

La energía almacenada en las baterías de los EV's es una posible solución a la demanda de energía eléctrica, para lo cual se analiza el mecanismo de estabilidad del DS con el EV a gran escala, y se propone el modelo de factibilidad de la implementación de los EV's en el DS. Los EV's son modelados como sistemas de almacenamiento de energía bajo estrategias de carga para reducir los costos por la carga de las baterías y el pico de consumo, de tal forma que garantice el funcionamiento seguro del DS independientemente del número de EV's conectados a dicho sistema. Estas estrategias se basan en la interrupción de la carga de las baterías del EV, utilizando un Controlador de Lógica Difusa se evaluará la Batería de cada vehículo en el nivel de carga y descarga del sistema.[6][7][8]

Considerando que las baterías de los EV's están diseñadas para cargar y descargar sobre una base de restricciones mínimas estimadas en porcentaje del total de carga, el estado mínimo de carga, la tasa de carga base y el consumo usuario son valores de energía que el usuario utiliza para su movilización en sus labores cotidianas, quedando un remanente que es el aprovechable por parte del DS. Con base a un modelo de colaboración entre el usuario y el Centro de Control se establecen acuerdos para acoplar el EV al DS con la única finalidad de maximizar la eficiencia del SEP, como se muestra en la Figura 1. El Centro de Control propuesto maneja a la perfección todas las solicitudes de carga / descarga de los propietarios de los EV's con diferentes opciones y, al mismo

tiempo, tiene en cuenta los límites de demanda de potencia y generación de potencia de la red de CA para evitar sub-tensión, sobretensión y problemas de flujo de potencia inversa. Durante las horas punta, los EV's gestionan las fluctuaciones de tensión descargando su energía almacenada de nuevo a la red. Este flujo bidireccional de energía se utiliza para atender los problemas de cantidad de energía. Además de ello, se ha diseñado un Controlador de Lógica Difusa (FLC) para regular el flujo de potencia entre el DS y las baterías de los EV's, simulándose varios escenarios de intercambio de energía para demostrar la estabilidad del DS.[9][10][11][12][13]

Mediante la estrategia de gestión de energía basado en FLC se estabiliza el comportamiento de la carga / descarga de la batería con el DS, en el cual se incluye

un modelo de degradación de la duración de la batería para desarrollar la relación entre el comportamiento de las baterías con el DS y su impacto.[14][15]

Para el proceso de diseño se toma en cuenta el DS de energía capturando las interacciones entre los distintos tipos de centrales de energía (Generación de Energía Hidráulica y Generación de Energía Térmica) y las baterías de los EV's, con una Demanda equivalente. En cada una de las etapas, se determina como parte de estudio un sistema ideal de carga y descarga, sin pérdidas, desde el inversor de voltaje Corriente Continua (CC) a CA multiterminal, un armónico del DS de cero (THD) basados en estimaciones de un FLC. La optimización proporciona un perfil de capacidad de energía y tiempo óptimo de estabilidad del DS.[16][17][18]

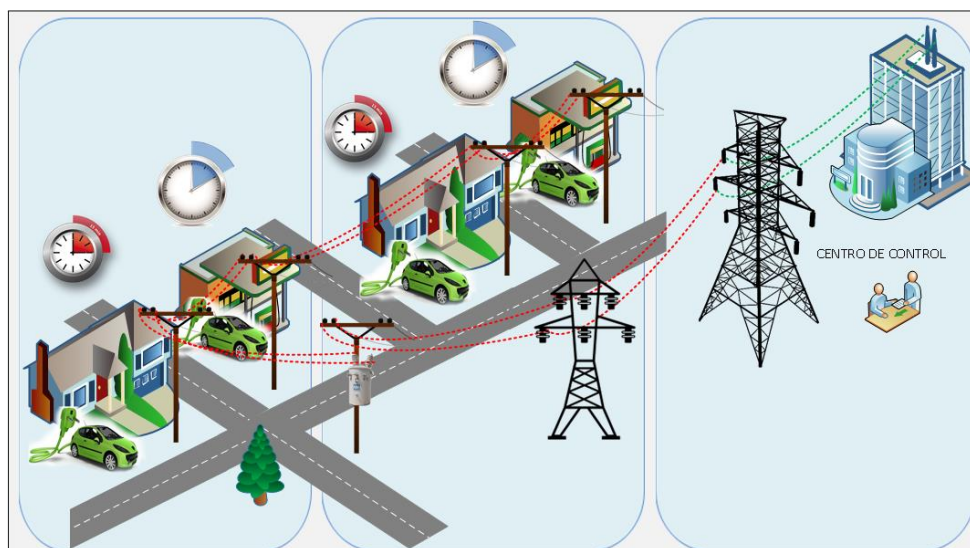


Figura 1. EV's conectados al DS. (Usuario / Centro de Control)

Los EV's son sistemas electromecánicos complejos descritos por modelos no lineales y por lo tanto su diseño y análisis de control no es una tarea fácil. En el presente trabajo, el FLC se utiliza y

examina a través de extensas simulaciones, para analizar y asegurar la estabilidad del sistema y como principal contribución, realizar un análisis no lineal basado en modelos. Particularmente, se

demuestra que para todo el sistema del EV, la propiedad de estabilidad con el DS es válida con respecto a entradas externas arbitrarias.[19]

A continuación, se detalla de manera general, la estructura del artículo. En la Sección II se presenta la Generación Distribuida en el Sistema de Distribución, en la Sección III se describe la formulación matemática de la Lógica Difusa con el V2G (por sus siglas en inglés Vehicle to Grid) y la Lógica Difusa en el Sistema de Distribución, en la Sección IV se presenta el Algoritmo de Optimización, en la Sección V se presenta un análisis de los resultados, en la Sección VI se presentan las conclusiones y por último en la sección VII se encuentra la Bibliografía.

2. Generación Distribuida en el Sistema de Distribución

La Generación Distribuida (DG) se puede definir como unidades de generación a pequeña escala que son conectadas al DS; por otro lado, según el Instituto de Investigación de la Energía Eléctrica (EPRI por sus siglas en inglés), la DG se define como generación a partir de algunos kilovatios hasta 50 MW. Las tecnologías de la DG incluyen los recursos renovables, como la fotovoltaica, el viento, las micro turbinas, las turbinas de gas de combustión y las pilas de combustible incluido el EV dentro de estas últimas. La introducción de la DG en el DS podría afectar las condiciones de tensión y el flujo de potencia al cliente. Estos impactos pueden ser positivos o negativos para el sistema dependiendo del tamaño y las características de la fuente de energía distribuida, el dispositivo electrónico de

potencia, las configuraciones de red, el nivel de voltaje en el punto de conexión y la capacidad del DS respecto al consumo de carga. Para resolver dichos problemas del DS con una mayor precisión se plantea el desarrollo y la construcción de modelos para los componentes, bases de datos, y el desarrollo de programas como primordiales. De la informática y la inteligencia artificial nacen los sistemas multi-agente de enfoque aplicados en la planificación, control de procesos, redes de comunicación y sistemas concurrentes. Los modelos multi-agentes están orientados hacia interacciones, fenómenos colaborativos y autonomía.[20][21][22]

La mejora del comportamiento operativo de los DS bajo la participación de los sistemas de almacenamiento es uno de los desafíos actuales en la industria del sistema eléctrico. Con los avances actuales en las redes inteligentes, la evaluación del comportamiento operativo, además de la calidad de la entrega de potencia, estabilidad y minimización de la red son resultados tangibles que se aprecian en los DS como el vínculo final entre el Sistema de Suministro de Energía y los Consumidores, por lo tanto, con el fin de comprender su comportamiento en presencia de la DG, es crucial tener herramientas de análisis de operación precisa. Finalmente, la integración de la potencia de la DG en DS debe satisfacer ciertos requisitos como la estabilidad de voltaje, los límites de corriente y los requisitos de potencia reactiva, que son de gran importancia para el funcionamiento seguro del DS.[23][24]

2.1. V2G en la Generación Distribuida

Se considera que además de proporcionar energía para la propulsión, las baterías de los EV's se pueden utilizar para servicios auxiliares, tales como soporte de voltaje, regulación de frecuencia, pico de afeitado y soporte de potencia reactiva; la obtención de dichos servicios, requieren cargadores de baterías bidireccionales para permitir el intercambio de energía entre el DS y los EV's. En la mayoría de las topologías propuestas, las baterías se interconectan con la red de alimentación de corriente alterna a través de convertidores de potencia bidireccionales, es decir, cargadores de batería, que permiten el intercambio de energía con la red. Los nuevos desarrollos en baterías y cargadores de baterías están resolviendo gradualmente el corto rango de operación y el largo tiempo de carga de la batería.[25][26]

La carga conductora y la carga inductiva (también conocida como carga inalámbrica) son los más comunes, en el presente documento se tratará únicamente de la Carga Conconductora y sus subdivisiones, debido a sus beneficios para el usuario y el Centro de Control: Carga Conconductora Alterna en CA, pertenecen a la carga lenta, a menudo se localiza en el hogar y el estacionamiento de fábrica. Carga Conconductora Directa en CD, pertenecen a la carga rápida, comúnmente se encuentra en la estación de estacionamiento de la calle al aire libre y la estación de recarga eléctrica pública, lo que toma alrededor de media hora (aún más rápido) para cargar un EV y aplica electrónica de conversión. El Vehículo Eléctrico en su evolución y con miras a un futuro y por su capacidad de integrarse a la

red eléctrica en adelante será llamado V2G.[27][28][29][30]

Las baterías en los V2G pueden proporcionar energía a la red o tomar energía de la rejilla para cargar las baterías de los vehículos. Por lo tanto, la cantidad de potencia que fluye en cualquier dirección puede ajustarse a un cierto valor preestablecido, mientras que un rectificador controla y regula los niveles de voltaje, mantiene el equilibrio de potencia, ya que es libre de suministrar cualquier potencia que se necesite a la red de DC.[31][32][33][34][35]

3. Lógica Difusa

Inteligencia Artificial es la interpretación de la información de conocimiento humano en datos de conjuntos para realizar procedimientos de automatización. La DG basada en la FL permite tener un acceso a la información del V2G y de los factores que intervienen en el mismo, para definir la eficiencia de la Batería y el aporte al DS.

3.1. Desarrollo del Modelamiento Matemático Lógica Difusa en los V2G

Un estudio de la Eficiencia de la Carga de la Batería, está dada por múltiples factores que intervienen al momento del uso del V2G, de los cuales se han formado 4 grupos principales Descarga, Carga, Recorrido y Vida Útil, que se detallan a continuación:

- Descarga:
Considerada en base a una carga del 100% de la Batería, esta disminuye proporcionalmente al consumo por parte del usuario de los elementos eléctricos y electrónicos del V2G, de los cuales se formaron 4 subgrupos principales: Elementos de Mínimo Consumo (EMC),

Tasa de Consumo Base (TCB), Consumo por parte del Usuario (CU) y Sobrante de carga (REMANENTE), esto se puede visualizar en la Figura 2:

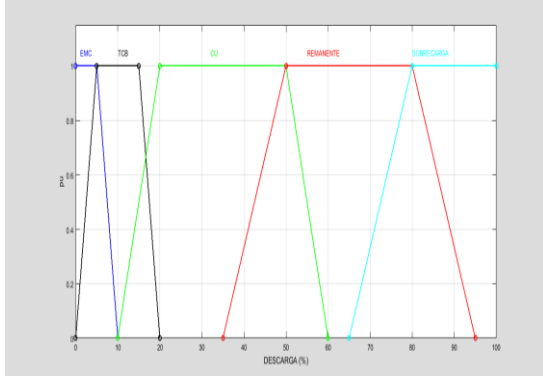


Figura 2. Gráficas de consumo porcentual de los elementos eléctricos y electrónicos del EV.

En la Figura 2 podemos ver las interacciones por segmentos de los 4 subgrupos anteriormente mencionados:

EMC: Consumo de todos aquellos elementos que están en estado de stand by, estos se encuentran consumiendo todo el tiempo (1), en una cantidad mínima a pesar de encontrarse el V2G apagado (2).

$$1; 0 \leq X \leq 5; \quad (1)$$

$$\mu_{yA1} = \frac{(10 - X)}{5}; 5 \leq X \leq 10; \quad (2)$$

TCB: Consumo de todos los elementos que hacen placentero al estar el usuario dentro del V2G, aire acondicionado, radio, luces, entre otros, punto creciente de consumo (3), máximo consumo (4), punto decreciente de consumo (5).

$$\mu_{yA2} = \frac{(X - 5)}{5}; 0 \leq X \leq 5; \quad (3)$$

$$1; 5 \leq X \leq 15; \quad (4)$$

$$\mu_{yA3} = \frac{(20 - X)}{5}; 15 \leq X \leq 20; \quad (5)$$

CU: Consumo por parte del usuario para su desplazamiento de un lugar a otro, este es el consumo que conlleva directamente el uso del motor eléctrico, punto de aceleración mínimo (6), punto máximo de aceleración (7), punto de frenado (8).

$$\mu_{yA4} = \frac{(X - 20)}{10}; 10 \leq X \leq 20; \quad (6)$$

$$1; 20 \leq X \leq 50; \quad (7)$$

$$\mu_{yA5} = \frac{(60 - X)}{10}; 50 \leq X \leq 60; \quad (8)$$

REMANENTE: Es el sobrante de Carga del cual se puede hacer uso para enlazarse al DS y colaborar a la Demanda, interacción de mínimo aprovechamiento (9), interacción normal de aprovechamiento (10), interacción máxima de aprovechamiento (11).

$$\mu_{yA6} = \frac{(X - 50)}{15}; 35 \leq X \leq 50; \quad (9)$$

$$1; 50 \leq X \leq 80; \quad (10)$$

$$\mu_{yA7} = \frac{(95 - X)}{15}; 80 \leq X \leq 95; \quad (11)$$

SOBRECARGA: Agregado en el sistema por situación de estudio referenciando al consumo excesivo de carga de la batería (12) (13).

$$\mu_{yA8} = \frac{(X - 65)}{15}; 65 \leq X \leq 80; \quad (12)$$

$$1; 80 \leq X \leq 100; \quad (13)$$

- **Carga:**

Considerada en base al tiempo que se necesita para completar el 100% de la carga de la Batería, se han tomado tres rangos estimados en las características del lugar de carga, Carga Lenta, Carga Media y Carga Rápida, como se puede visualizar en la Figura 3.

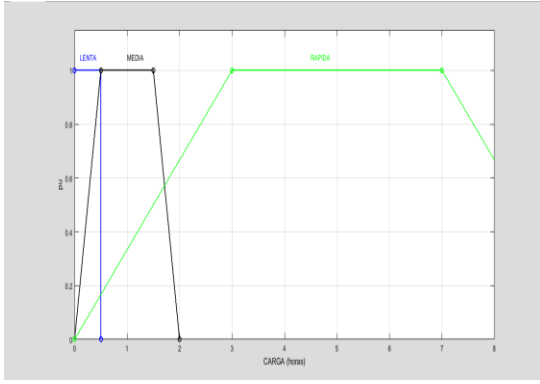


Figura 3. Características de Carga de la Batería

En la Figura 3 podemos observar las subcategorías y sus rangos de interacciones. Carga Lenta: es la carga que se realiza en la noche en el lugar de parqueadero del V2G, identificada mediante la interacción (14).

$$1; 0 \leq X \leq 0,5; \quad (14)$$

Carga Media: es la carga que se realiza en el lugar de trabajo, parqueaderos provistos en edificios y/u oficinas, esto se refleja mediante las interacciones (15), (16) y (17).

$$\mu_{yB1} = \frac{(X - 0,5)}{0,5}; 0 \leq X \leq 0,5; \quad (15)$$

$$1; 0,5 \leq X \leq 1,5; \quad (16)$$

$$\mu_{yB2} = \frac{(2 - X)}{0,5}; 1,5 \leq X \leq 2; \quad (17)$$

Carga Rápida: es la carga que se realiza en las estaciones de carga, carga no menos a las 3 horas y no mayor a las 8 horas, esto se expresa mediante las interacciones (18), (19) y (20).

$$\mu_{yB3} = \frac{(X - 3)}{3}; 0 \leq X \leq 3; \quad (18)$$

$$1; 3 \leq X \leq 7; \quad (19)$$

$$\mu_{yB4} = \frac{(8 - X)}{1}; 7 \leq X \leq 8; \quad (20)$$

- Recorrido:

Estima en un tiempo en horas, durante todo el día, al desplazamiento total que realiza el usuario para satisfacer su necesidad de llegar de un lugar a otro y viceversa, se ha dividido en tres grupos contemplando las principales necesidades dentro de una ciudad, Recorrido Corto, Recorrido Medio y Recorrido Largo, como se muestra en la Figura 4.

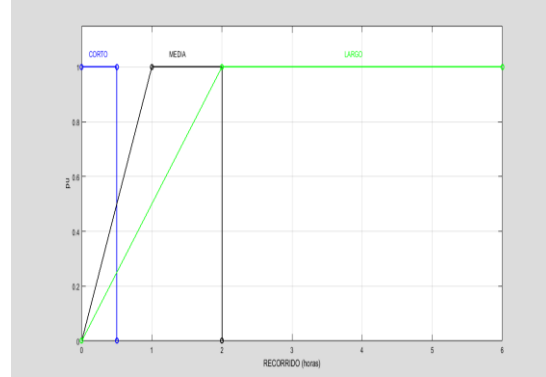


Figura 4. Desplazamientos que realiza el EV.

Recorrido Corto: es menor o igual a los 30 minutos y se emplea para cumplir necesidades mínimas de desplazamiento, esto se expresa mediante la interacción (21) en horas.

$$1; 0 \leq X \leq 0,5; \quad (21)$$

Recorrido Medio: es menor o igual a las 2 horas y se emplea para llevar a un usuario promedio de su lugar de vivienda a su puesto de oficina (22) y retornarlo al punto de partida (23).

$$\mu_{yC1} = \frac{(X - 1)}{1}; 0 \leq X \leq 1; \quad (22)$$

$$1; 1 \leq X \leq 2; \quad (23)$$

Recorrido Largo: es menor o igual a las 6 horas y contempla cumplir con las mayores necesidades de un usuario que debe realizar un viaje con múltiples lugares de llegada, esto se expresa mediante las interacciones (24) y (25).

$$\mu_{YC2} = \frac{(X-2)}{2}; 0 \leq X \leq 2; \quad (24)$$

$$1; 2 \leq X \leq 6; \quad (25)$$

- **Vida Útil:**

Es la vida total de la Batería considerada en base al Fabricante promedio y del número de cargas y descargas máximas admisibles, se divide en tres grupos Uso Acelerado, Uso Medio y Uso Óptimo, como se visualiza en la Figura 5.

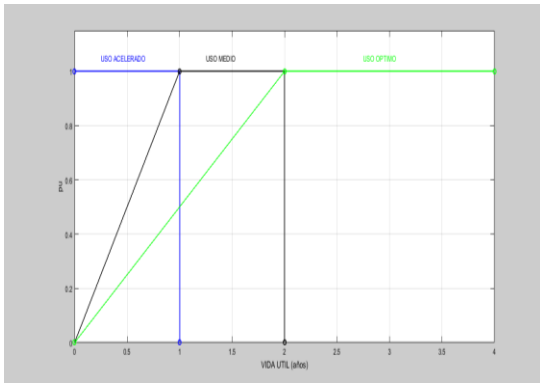


Figura 5. Características de Uso de la Batería

Uso Acelerado: Cuando el usuario ha completa el número máximo de cargas y descargas en un tiempo muy corto, igual o menor a 1 año, expresado mediante la interacción (26).

$$1; 0 \leq X \leq 1; \quad (26)$$

Uso Medio: Cuando el usuario ha completado el número máximo de cargas en un tiempo igual o similar a 2 años de la vida útil de la batería, esto se expresa mediante las interacciones (27) y (28).

$$\mu_{YD1} = \frac{(X-1)}{1}; 0 \leq X \leq 1; \quad (27)$$

$$1; 1 \leq X \leq 2; \quad (28)$$

Uso Óptimo: Cuando el usuario ha respetado el número de cargas y descargas en un tiempo igual a 4 años aprovechando al

máximo la vida útil de la batería, las interacciones para expresar esto son (29) y (30).

$$\mu_{YD2} = \frac{(X-2)}{2}; 0 \leq X \leq 2; \quad (29)$$

$$1; 2 \leq X \leq 4; \quad (30)$$

3.2. Desarrollo del Modelamiento Matemático Lógica Difusa en el DS

Un estudio de la Estabilidad del DS permite considerar los próximos cambios que se deben realizar en un futuro para llevar acabo el desarrollo de una ciudad o de un sector en lo referente a la modernización de los SEP's, aquí analizaremos mediante la FL la implementación de la DG mediante el enlace de los V2G al DS para satisfacer las necesidades de la Demanda y reducir la Generación de Energía Térmica por sus altos costos como por sus niveles de contaminación.

Existen factores que intervienen en el SEP directamente para satisfacer las necesidades de Energía Eléctrica por parte de la Demanda, para cumplir con la cantidad de Energía Eléctrica necesaria se han formado tres grandes grupos: Generación Hidráulica, Generación Térmica y V2G.

- **Generación Hidráulica:**

Es la generación de Energía Eléctrica mediante la utilización de agua, para situaciones del presente estudio se ha dividido en tres sub-grupos, Generación Hidráulica Baja (31), Generación Hidráulica Media (32) (33) y Generación Hidráulica Alta (34) (35), como se puede observar en la Figura 6.

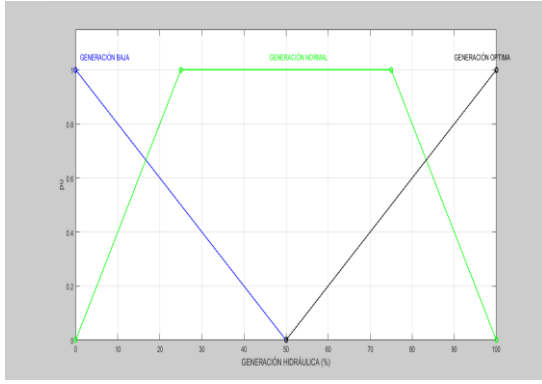


Figura 6. Estados de Generación Hidráulica

$$\mu_{yE1} = \frac{(50 - X)}{50}; 0 \leq X \leq 50; \quad (31)$$

$$\mu_{yE2} = \frac{(X - 25)}{25}; 0 \leq X \leq 25; \quad (32)$$

$$1; 25 \leq X \leq 75; \quad (33)$$

$$\mu_{yE3} = \frac{(100 - X)}{25}; 75 \leq X \leq 100; \quad (34)$$

$$\mu_{yE4} = \frac{(X - 100)}{50}; 50 \leq X \leq 100; \quad (35)$$

- Generación Térmica:

Es la generación de Energía Eléctrica mediante la combustión, para dicho efecto se utiliza combustible fósil, carbón, gas natural, o diésel, para situaciones del presente estudio se ha dividido en tres sub-grupos, Generación Térmica Baja (36), Generación Térmica Media (37) (38) y Generación Térmica Alta (39), como se observa en la Figura 7.

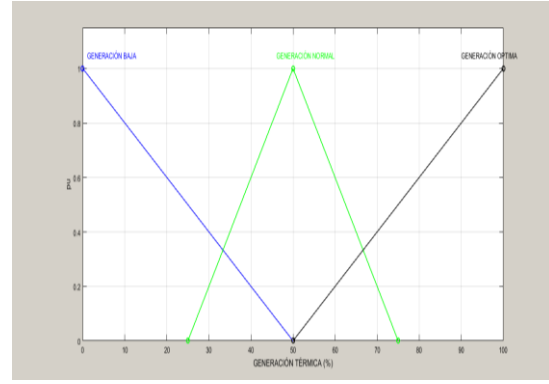


Figura 7. Estados de Generación Térmica

$$\mu_{yF1} = \frac{(50 - X)}{50}; 0 \leq X \leq 50; \quad (36)$$

$$\mu_{yF2} = \frac{(X - 50)}{25}; 25 \leq X \leq 50; \quad (37)$$

$$\mu_{yF3} = \frac{(75 - X)}{25}; 50 \leq X \leq 75; \quad (38)$$

$$\mu_{yF4} = \frac{(X - 100)}{50}; 50 \leq X \leq 100; \quad (39)$$

- V2G:

Es el aprovechamiento del remanente de energía eléctrica de la batería del V2G conectado al DS con fines de estabilizar el sistema y satisfacer las necesidades de energía eléctrica, debemos tomar en cuenta que los V2G están en número enésimo, para situaciones del presente estudio se ha dividido en tres sub-grupos, Energía Eléctrica del V2G Baja (40), Energía Eléctrica del V2G Media (41) (42) y Energía Eléctrica del V2G Alta (43), como se observa en la Figura 8.

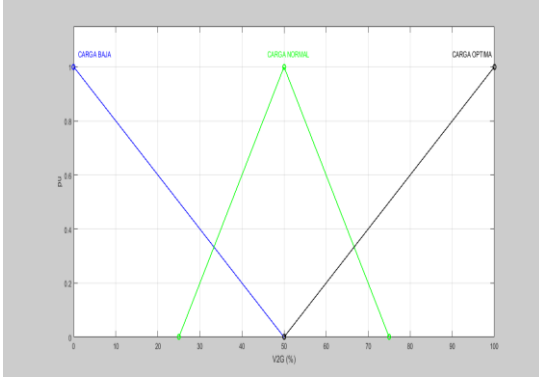


Figura 8. Estados del Nivel de Energía de las Baterías del V2G

$$\mu_{yG1} = \frac{(50 - X)}{50}; 0 \leq X \leq 50; \quad (40)$$

$$\mu_{yG2} = \frac{(X - 50)}{25}; 25 \leq X \leq 50; \quad (41)$$

$$\mu_{yG3} = \frac{(75 - X)}{25}; 50 \leq X \leq 75; \quad (42)$$

$$\mu_{yG4} = \frac{(X - 100)}{50}; 50 \leq X \leq 100; \quad (43)$$

- **DEMANDA:**

Es la cantidad de energía eléctrica que se debe abastecer en un tiempo determinado, con los diferentes sistemas de generación, como se observa en la Figura 9, mediante las interacciones (44), (45), (46) y (47).

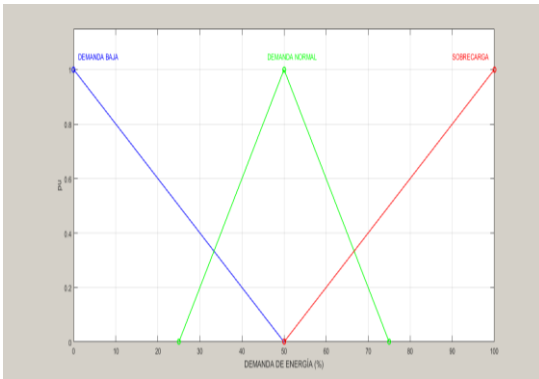


Figura 9. Niveles de Demanda de Energía

$$\mu_{yH1} = \frac{(50 - X)}{50}; 0 \leq X \leq 50; \quad (44)$$

$$\mu_{yH2} = \frac{(X - 50)}{25}; 25 \leq X \leq 50; \quad (45)$$

$$\mu_{yH3} = \frac{(75 - X)}{25}; 50 \leq X \leq 75; \quad (46)$$

$$\mu_{yH4} = \frac{(X - 100)}{50}; 50 \leq X \leq 100; \quad (47)$$

4. Algoritmo de Optimización

Paso 1: Inicio

Estudio de las Características independientes que influyen en la Batería Eléctrica del V2G y los Niveles de Energía por cada Generación (Hidráulica, Térmica, V2G)

Paso 2: Ingreso a la base de datos

Ingreso por grafica en Fuzzy Toolbox

Paso 3: Ingreso de interacciones en el Controlador de Lógica Difusa

Paso 4: Proceso de Optimización por máximos.

Paso 5: Fin

5. Análisis de Resultados

5.1 Análisis de la Eficiencia de la Batería en los V2G

En la Figura 10 de Fuzzy Toolbox de Matlab podemos visualizar la Eficiencia del V2G (%) en función de la Descarga de la Batería (%) vs Carga de la Batería (h), en este sistema se aprecia que la eficiencia del sistema del V2G es inversamente proporcional a la descarga y directamente proporcional a la carga, con lo cual podemos deducir que manteniendo un ritmo constante de nuestras actividades de consumo de la carga de la batería y evitando variaciones bruscas, la eficiencia es del 60%

aproximadamente considerando una descarga del 60% y una carga de 8 horas, siendo factible la integración al DS, satisfaciendo las necesidades del usuario de transporte y recorrido y por otro lado compensar la Demanda de Energía Eléctrica con el 40% de la carga es el valor inyectable al DS, el mismo que es un valor alto.

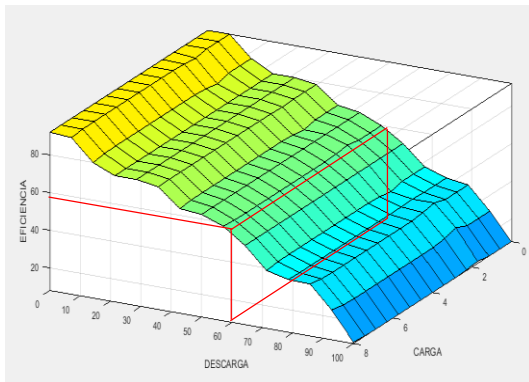


Figura 10. Eficiencia en función de la Descarga vs Carga de la Batería del V2G.

En la Figura 11 de Fuzzy de Toolbox, se aprecia que el nivel del Remanente es alto y aprovechable para la integración con el DS para satisfacer las necesidades de la Demanda de Energía Eléctrica en un valor igual al 40% el mismo que sale del 100% de la carga de la batería menos el consumo por parte del usuario del 60% referente en la Figura 10 de Fuzzy de Toolbox, nuestra eficiencia del sistema es igual o aproximada al 60%, en función del estudio, garantizando la rentabilidad para el usuario y el Centro de Control. Este valor es el resultado de considerar una Carga Lenta de la Batería, un Recorrido Medio a Largo, brindando una Vida Útil Óptima como resultado.

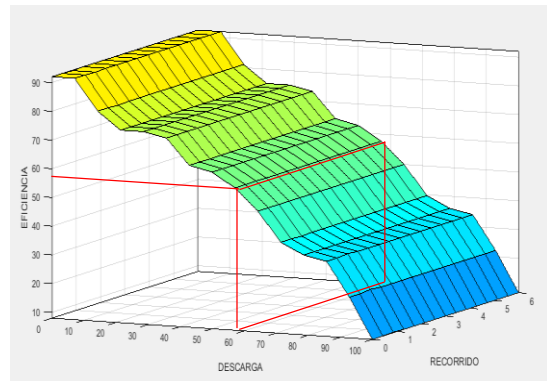


Figura 11. Eficiencia en función de la Descarga de la Batería vs Recorrido

5.2 Análisis de la Estabilidad del Sistema de Distribución

En la Figura 12 de Fuzzy Toolbox de Matlab podemos visualizar la Estabilidad del Sistema de Distribución (%) en función de la Generación Hidráulica (%) vs la Demanda de Energía Eléctrica (%), en este sistema se aprecia que con una Generación del 100% y una Demanda del 100%, la estabilidad del sistema es aproximada o igual al 50%, debido a las constantes de ingreso de los datos de cálculo, como perdidas en los puntos de enlace y caídas de tensión por distancia.

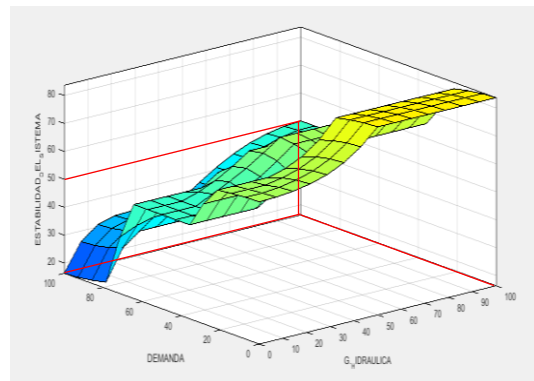


Figura 12. Estabilidad del DS en función de la Demanda vs la Generación Hidráulica

En el sentido de cumplir con el objetivo de reemplazar la Generación Térmica por la Energía Almacenada de los V2G, las características de las dos energías son iguales y simétricas para estudio y calculo,

como se puede visualizar en la Figura 13 mediante la herramienta de Fuzzy Toolbox, que la estabilidad del DS es igual o aproximada al 70%, si se considera una Generación Hidráulica del 100% y una carga del V2G del 100%. Con esto garantizándose la satisfacción de la Demanda de Energía en todo momento.

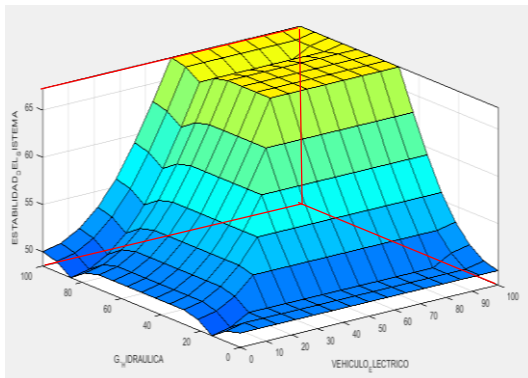


Figura 13. Estabilidad del Sistema de Distribución en función de la Generación Hidráulica y la Carga del V2G.

6. Conclusiones

La precisión en la implementación del Controlador de Lógica Difusa en los V2G y en el DS, está en la consideración de todas las interacciones posibles según el caso o los casos de estudio. Entre más casos de estudio se realicen dentro de un mismo proceso el nivel de error se reduce, permitiendo mejorar la estabilidad del DS al optimizar la forma en la que el usuario utiliza la energía de la batería, aprovechando el remanente de carga para integrarse al DS, generando energías renovables que pueden reemplazar o sustituir en gran número a la generación térmica de energía.

Al optimizar el uso del V2G por parte del usuario permitirá al Centro de Control realizar planificaciones a mediano y largo plazo en los despachos de energía eléctrica, con esto el usuario se ve beneficiado

directamente en la reducción de costos de producción de energía eléctrica, ya que el remanente de energía almacenado en la Batería del V2G reduce la Generación Térmica de Energía.

La Eficiencia del V2G (%) en función de la Descarga de la Batería (%) vs Carga de la Batería (h) es del 60% con una descarga del 60% y una carga de 8 horas, siendo factible la integración al Sistema de Distribución, satisfaciendo las necesidades del usuario de transporte y recorrido y por otro lado compensar la Demanda de Energía Eléctrica con el 40% de la carga de la batería como valor inyectable al sistema, el mismo que es un valor alto. La Estabilidad del Sistema de Distribución (%) en función de la Generación Hidráulica (%) 100% vs la Demanda de Energía Eléctrica (%) 100%, es aproximada o igual al 50%, debido a la constante de ingreso de los datos de cálculo, como pérdidas en los puntos de enlace y caídas de tensión por distancia. En el sentido de cumplir con el objetivo de reemplazar la Generación Térmica por la Energía Almacenada de los V2G, las características de las dos energías son iguales y simétricas para estudio y calculo, la estabilidad del Sistema de Distribución es igual o aproximada al 70%, si se considera una Generación Hidráulica del 100% y una carga del V2G del 100%. Con esto garantizándose la satisfacción de la Demanda de Energía en todo momento.

7. Referencia

- [1] B. Chen and Q. Chen, "The whole-process reliability evaluation of power system including generation, transmission, transformation and distribution," 2015, pp. 482–487.
- [2] P. Kadurek, J. F. G. Cobben, W. L. Kling, and P. F. Ribeiro, "Aiding

- Power System Support by Means of Voltage Control With Intelligent Distribution Substation,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 5, no. 1, pp. 84–91, Jan. 2014.
- [3] C. Feng, Z. Li, M. Shahidehpour, F. Wen, W. Liu, and X. Wang, “Decentralized Short-term Voltage Control in Active Power Distribution Systems,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. PP, no. 99, pp. 1–1, 2017.
- [4] Y. Zhang, X. Song, F. Gao, and J. Li, “Research of voltage stability analysis method in distribution power system with plug-in electric vehicle,” 2016, pp. 1501–1507.
- [5] A. Aljanad, A. Mohamed, and H. Shareef, “Impact study of plug-in electric vehicles on electric power distribution system,” 2015, pp. 339–344.
- [6] T. Tran-Quoc, H. Clémot, and V. L. Nguyen, “Charging strategies of electric vehicles,” 2017, pp. 1–5.
- [7] Y. Benomar, M. El Baghdadi, O. Hegazy, Y. Yang, M. Messagie, and J. Van Mierlo, “Design and modeling of V2G inductive charging system for light-duty Electric Vehicles,” 2017, pp. 1–7.
- [8] M. Abdel-Akher, Z. M. Ali, and A. Eid, “Continuous charging coordination of PHEVs for voltage profile and stability improvements of unbalanced distribution systems,” 2014, pp. 49–53.
- [9] S. Wang, Z. Y. Dong, F. Luo, K. Meng, and Y. Zhang, “Stochastic Collaborative Planning of Electric Vehicle Charging Stations and Power Distribution System,” *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. PP, no. 99, pp. 1–1, 2017.
- [10] M. Singh, P. Kumar, I. Kar, and N. Kumar, “A real-time smart charging station for EVs designed for V2G scenario and its coordination with renewable energy sources,” 2016, pp. 1–5.
- [11] M. Tabari and A. Yazdani, “An Energy Management Strategy for a DC Distribution System for Power System Integration of Plug-In Electric Vehicles,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 7, no. 2, pp. 659–668, Mar. 2016.
- [12] A. Arif, Z. Wang, J. Wang, and C. Chen, “Power Distribution System Outage Management with Co-Optimization of Repairs, Reconfiguration, and DG Dispatch,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. PP, no. 99, pp. 1–1, 2017.
- [13] S. Franzò, F. Frattini, V. M. Latilla, F. Foiadelli, and M. Longo, “The diffusion of electric vehicles in Italy as a means to tackle main environmental issues,” 2017, pp. 1–7.
- [14] N. G. Omran and S. Filizadeh, “Location-Based Forecasting of Vehicular Charging Load on the Distribution System,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 5, no. 2, pp. 632–641, Mar. 2014.
- [15] F. Jin, M. Wang, and C. Hu, “A fuzzy logic based power management strategy for hybrid energy storage system in hybrid electric vehicles considering battery degradation,” 2016, pp. 1–7.
- [16] H. Suryanarayana and S. D. Sudhoff, “Design Paradigm for Power Electronics-Based DC Distribution Systems,” *IEEE J. Emerg. Sel. Top. Power Electron.*, vol. 5, no. 1, pp. 51–63, Mar. 2017.
- [17] D. Chen, L. Xu, and W. Zhang, “Active distribution power system with multi-terminal DC links,” *IET Renew. Power Gener.*, vol. 11, no.

- 1, pp. 27–34, 2017.
- [18] M. Fritsch and X. Liu-Henke, “Optimization of energy consumption by using an intelligent assistance system for an electric vehicle,” 2017, pp. 1–9.
- [19] J. J. Makrygiorgou and A. T. Alexandridis, “Fuzzy logic control of electric vehicles: Design and analysis concepts,” 2017, pp. 1–6.
- [20] T. Al Momani, A. Harb, and F. Amoura, “Impact of photovoltaic systems on voltage profile and power losses of distribution networks in Jordan,” 2017, pp. 1–6.
- [21] M.-S. Chen and T.-H. Chen, “Application of three-phase load flow to power system distribution automation,” 1991, pp. 472–478 vol.2.
- [22] T. Nagata, T. Tahara, and H. Fujita, “An agent approach to power system distribution networks,” 2005, p. 4737–4742 Vol. 5.
- [23] A. W. Bizuayehu, A. A. S. de la Nieta, J. Contreras, and J. P. S. Catalão, “Impacts of Stochastic Wind Power and Storage Participation on Economic Dispatch in Distribution Systems,” *IEEE Trans. Sustain. Energy*, vol. 7, no. 3, pp. 1336–1345, Jul. 2016.
- [24] J. T. Putra and Sarjiya, “Reactive power optimization of distributed generation for voltage regulation of distribution systems,” 2016, pp. 1–6.
- [25] M. Tabari and A. Yazdani, “A Mathematical Model for Stability Analysis of a DC Distribution System for Power System Integration of Plug-In Electric Vehicles,” *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 64, no. 5, pp. 1729–1738, May 2015.
- [26] M. Kazerooni and N. C. Kar, “Impact analysis of EV battery charging on the power system distribution transformers,” 2012, pp. 1–6.
- [27] Y. J. Liu, T. P. Chang, H. W. Chen, T. K. Chang, and P. H. Lan, “Power quality measurements of low-voltage distribution system with smart electric vehicle charging infrastructures,” 2014, pp. 631–635.
- [28] J. M. G. Valle, J. C. C. García, and E. R. Cadaval, “Electric vehicle monitoring system by using MATLAB/App Designer,” 2017, pp. 65–68.
- [29] I. Oukkacha, M. B. Camara, and B. Dakyo, “Electric vehicles energy management using lithium-batteries and ultracapacitors,” 2017, pp. 1–8.
- [30] A. Selim, M. Abdel-Akher, and M. M. Aly, “Plug-in hybrid electric vehicles aggregation and real-time active power control simulation analysis in distribution systems,” 2016, pp. 723–728.
- [31] T. Ma and O. A. Mohammed, “Optimal Charging of Plug-in Electric Vehicles for a Car-Park Infrastructure,” *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 50, no. 4, pp. 2323–2330, Jul. 2014.
- [32] N. Denis, M. R. Dubois, and A. Desrochers, “Fuzzy-based blended control for the energy management of a parallel plug-in hybrid electric vehicle,” *IET Intell. Transp. Syst.*, vol. 9, no. 1, pp. 30–37, 2015.
- [33] A. F. Ali, M. Abdel-Akher, Z. Ziadi, and T. Senjyu, “Coordinated charging of plug-in hybrid electric vehicle for voltage profile enhancement of distribution systems,” 2013, pp. 399–404.
- [34] D. M. Bahar, M. A. Çimen, and R.

- N. Tuncay, "Development of control strategy based on fuzzy logic control for a parallel hybrid vehicle," 2009, p. II-342-II-346.
- [35] K. Thirugnanam, M. Singh, S. Shukla, and P. Kumar, "Synchronization of grid connected vehicle-to-grid system with bidirectional contactless charging," 2013, pp. 1–6.

7.1 Estado del Arte

Mejora de la Estabilidad en Sistemas Eléctricos de Distribución mediante el uso de Autos Eléctricos como fuentes de Inyección de Energía																																		
	DATOS			TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA						RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA													
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	ENERGÍAS RENOVABLES	VEHICULOS ELECTRICOS	PROGRAMACIÓN GLOBAL	ESTRATEGIA DE GESTION ENERGETICA	SATISFACER LA DEMANDA	IMPACTOS EN LA RED ELECTRICA POR ENERGÍAS RENOVABLES	MINIMIZAR COSTOS	MAXIMIZAR FLUJO DE TRÁFICO	MINIMIZAR TIEMPOS	DISTORCIÓN ARMONICA	CALIDAD DE TENSIÓN	PERDIDAS DE POTENCIA	ESTABILIDAD DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	RESTRICCIONES TÍPICAS DEL SISTEMA	ESTUDIO DE CASO	MULTI-OBJETIVO	CARGA RAPIDA	CONTROL DE ESTABILIDAD	RESPUESTA A LA DEMANDA	MATLAB Y SUS HERRAMIENTAS	LOGICA DIFUSA	MODELADO DE DOMINIO	SISTEMA ESTOCASTICO	GAUSS	MATRIZ JACOBIANA	GENERACION DISTRIBUIDA	MONTE CARLO	ALGORITMO DE OPTIMIZACIÓN	PRUEBAS DE CAMPO	
1	2017	Impact of photovoltaic systems on voltage profile and power losses of distribution networks in Jordán		✗	✗	□	□	□	✗	✗	□	□	□	□	✗	✗	□	□	✗	□	□	□	□	□	□	□	□	✗	□	□	□	□	□	□
2	2017	Stochastic Collaborative Planning of Electric Vehicle Charging Stations and Power Distribution System		✗	□	✗	□	□	□	□	✗	✗	□	□	□	□	□	✗	□	✗	✗	□	□	□	□	□	□	✗	□	□	□	□	□	□
3	2017	Active distribution power system with multi-terminal DC links		✗	□	✗	□	□	✗	□	□	✗	□	□	□	□	□	✗	□	□	□	✗	✗	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
4	2017	Design Paradigm for Power Electronics-Based DC Distribution Systems		✗	□	□	□	□	□	✗	□	□	□	□	□	□	✗	□	□	□	✗	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

15	2017	Real-Time Distributed Coordination of Power Electronic Converters in a DC Shipboard Distribution System		✗	□	□	□	□	□	□	□	□	✗	□	□	✗	□	□	□	✗	□	□	□	□	□	□	□	□	✗	□	□	□
16	2015	The whole-process reliability evaluation of power system including generation, transmission, transformation and distribution		✗	□	□	✗	□	□	□	□	✗	□	□	□	□	✗	□	✗	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	✗	□	□
17	2012	Impact analysis of EV battery charging on the power system distribution transformers		✗	□	✗	□	□	✗	□	□	✗	□	□	✗	✗	□	□	□	□	□	✗	✗	□	□	✗	□	□	□	□	□	□
18	2016	An Energy Management Strategy for a DC Distribution System for Power System Integration of Plug-In Electric Vehicles		✗	□	□	□	✗	✗	✗	✗	□	✗	□	✗	□	□	□	□	✗	✗	✗	□	□	□	□	□	□	□	□	✗	□
19	2014	Power quality measurements of low-voltage distribution system with smart electric vehicle charging infrastructures		□	□	✗	□	✗	□	□	✗	□	□	✗	✗	✗	✗	□	✗	□	□	✗	□	□	□	□	□	□	□	□	□	✗
20	2016	Research of voltage stability analysis method in distribution power system with plug-in electric vehicle		□	□	✗	□	✗	□	□	□	✗	□	✗	✗	✗	✗	□	□	□	□	✗	□	□	□	□	✗	□	□	□	✗	□
21	2015	Impact study of plug-in electric vehicles on electric power distribution system		□	□	✗	□	✗	□	□	□	✗	✗	□	✗	✗	✗	□	□	✗	□	✗	□	□	□	✗	□	□	□	□	✗	□
22	2015	A Mathematical Model for Stability Analysis of a DC Distribution System for Power System Integration of Plug-In Electric Vehicles		✗	□	✗	□	✗	□	✗	□	✗	✗	□	□	✗	□	✗	□	✗	□	□	□	□	□	✗	□	□	□	□	□	□
23	2015	Power Quality Assessment in Distribution Systems Embedded With Plug-In Hybrid and Battery Electric Vehicles		✗	□	✗	□	□	□	□	□	✗	✗	□	✗	✗	✗	□	✗	□	□	✗	□	□	□	□	□	□	□	✗	□	□

35	2016	A fuzzy logic based power management strategy for hybrid energy storage system in hybrid electric vehicles considering battery degradation		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
36	2014	Optimal Charging of Plug-in Electric Vehicles for a Car-Park Infrastructure		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
37	2016	A real-time smart charging station for EVs designed for V2G scenario and its coordination with renewable energy sources		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
38	2015	Fuzzy-based blended control for the energy management of a parallel plug-in hybrid electric vehicle		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
39	2013	Coordinated charging of plug-in hybrid electric vehicle for voltage profile enhancement of distribution systems		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
40	2009	Development of control strategy based on fuzzy logic control for a parallel hybrid vehicle		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
41	2013	Synchronization of grid connected vehicle-to-grid system with bidirectional contactless charging		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
			CANTIDAD:	26	8	27	1	12	9	12	6	20	21	3	16	17	25	11	7	14	6	23	7	5	11	6	14	1	1	1	2	3	1

Tabla 1. Matriz de estado del arte

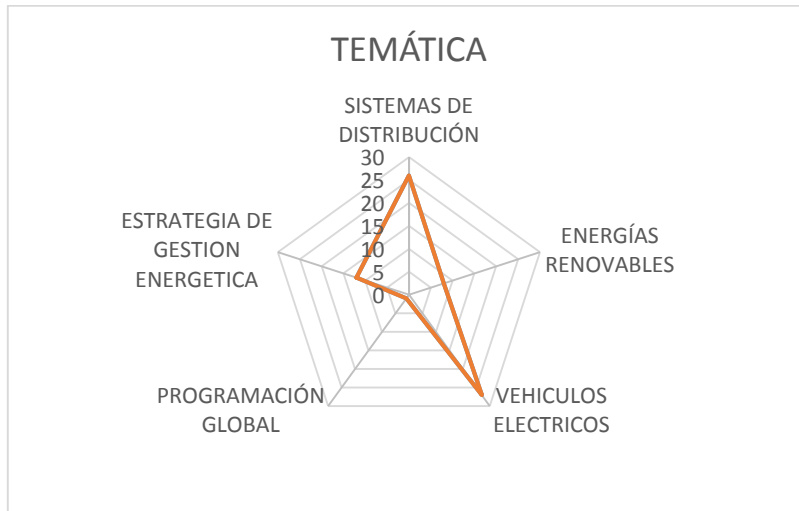


Tabla 2. Resumen e Indicadores del estado del arte

